



Дудников А. А.

Беловод А. И.

Пасюта А. Г.

Ющенко С. В.

Суржко Е. С.

*Полтавская
государственная
аграрная академия*

Dudnikov A. A.

Belovod A. I.

Pasyuta A. G.

Yushchenko S. V.

Surzhko E. S.

*Poltava State Agrarian
Academy*

УДК 621.9.048

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ С КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Рассмотрены вопросы установления взаимосвязи параметров вибрационной обработки с качеством поверхностного слоя обрабатываемых деталей с целью повышения эффективности вибрационного пластического деформирования и обеспечения заданных показателей качества поверхностного слоя.

Ключевые слова: работоспособность, пластическое упрочнения, сельскохозяйственные машины, деформация, вибрационная обработка.

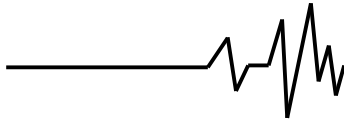
Введение. Потеря работоспособности деталей машин обычно связана с разрушением поверхностного слоя. Поэтому в технологических процессах все большее внимание уделяется операциям поверхностного пластического упрочнения, обеспечивающим параметры качества поверхностного слоя на уровне, соответствующим повышению требуемой совокупности эксплуатационных свойств.

Существующие способы упрочняющей обработки не всегда позволяют получить необходимые свойства в соответствии с эксплуатационными требованиями [1].

Одними из наиболее эффективных способов упрочняющей обработки являются способы поверхностного пластического деформирования (ППД), обеспечивающего деформирование упрочняющего поверхностного слоя с показателями качества, изменяющимися в довольно широком диапазоне: глубина упрочнения 0,1...10мм; повышение твердости упрочненного слоя до 20...120%; сжимающие остаточные напряжения на уровне 200...1000МПа [2].

Однако возможность точного деформирования способами ППД остаточных сжимающих напряжений до сих пор остается не до конца реализованной, что является препятствием их эффективного применения для целого ряда деталей сельскохозяйственных машин (поршневые пальцы и втулки верхних головок шатунов, диски копачей свеклоуборочных комбайнов, диски сошников зерновых сеялок, плужные лемехи, лапы культиваторов и др.).

Для деформационного упрочнения поверхности указанных деталей с использованием вибрационных колебаний обрабатывающего инструмента (обрабатываемой детали) есть все основания полагать, что управление волнами деформации энергии ударного импульса, используемого для обработки ППД, позволит значительно повысить КПД технологического процесса и увеличить точность регулирования получаемых в результате показателей качества на значительной глубине упрочненного поверхностного слоя и получать как гомогенную, так и гетерогенную упрочненную



структуру с заданным характером чередования твердых и мягких составляющих.

Постановка проблемы. Во время управления процессом вибрационного нагружения приходится варьировать значениями целого ряда параметров. Это, с одной стороны, существенно расширяет возможности ППД, а с другой – усложняет управление деформированием показателей качества поверхностного слоя. При этом обработка с использованием колебаний становится способом динамического нагружения очага деформации при пластическом деформировании, однако её закономерности пока не получили должного исследования.

Следовательно имеет место научная проблема, заключающаяся в выявлении взаимосвязи параметров вибрационной обработки с качеством поверхностного слоя обрабатываемых деталей с целью повышения эффективности и расширения технологических возможностей вибрационного пластического деформирования, обеспечения заданных показателей качества поверхностного слоя.

Анализ последних исследований и публикаций. В последнее время качество поверхностного слоя становится таким же важным показателем процесса обработки деталей, как и производительность. Исследованиями ряда ученых [3, 4, 5] и др. показана некоторая взаимосвязь показателей качества поверхностного слоя с его эксплуатационными свойствами, которые в большинстве случаев характеризуются сопротивлением усталости, износостойкостью и контактной выносливостью.

Представляет практический и теоретический интерес проведение дальнейших исследований процесса вибрационного упрочнения деталей сельскохозяйственных машин с целью обеспечения показателей качества гетерогенно упрочненного поверхностного слоя.

Результаты исследований. Для характеристики и оценки качества поверхностного слоя используется целый ряд показателей. По нашему мнению более всестороннюю оценку качества поверхностного слоя можно осуществлять по таким показателям как твердость, остаточные напряжения, параметры шероховатости.

Твердость является одной из основных характеристик состояния рабочей поверхности, от которой зависят её эксплуатационные свойства. Глубину поверхностного слоя с повышенной твердостью следует выбирать в зависимости от вида износа.

При трении скольжения контактируемых поверхностей, в общем случае, не следует добиваться большой глубины твердого слоя. Для увеличения износостойкости упрочненный слой не должен превышать 2...3мм.

При контактно-усталостном износе глубина упрочненного слоя должна зависеть от твердости сердцевины. С одной стороны, чем тверже сердцевина, тем тоньше может быть слой, а другой - твердость сердцевины ограничивается сопротивлением хрупкому излому детали.

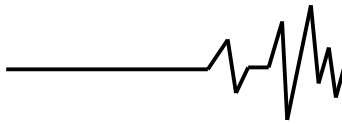
Сопротивление усталости для некоторых деталей может быть увеличено за счет повышения твердости упрочнением ППД. Это объясняется тем, что упрочнение материала деталей поверхностным пластическим деформированием до определенных пределов уменьшает амплитуду циклической пластической деформации и предотвращает появление усталостных трещин.

Остаточные напряжения оказывают влияние на износостойкость трущейся пары: остаточные макронапряжения сжатия повышают износостойкость, а растягивающие – снижают её.

Так, при восстановлении плужных лемехов различными методами в их материале возникают и перераспределяются значительные остаточные напряжения вследствие теплового воздействия на основной металл при наплавке, быстрого и неравномерного охлаждения, а также последующей механической их обработки и различных видов упрочнения.

Наличие в наплавочном слое микро- и макродефектов в сочетании с остаточными напряжениями растяжения и эксплуатационными нагрузками способствуют снижению прочности деталей и их износостойкости. Остаточные напряжения растяжения значительно ухудшают свойства материала деталей.

Проведенными исследованиями установлено, что сжимающие напряжения увеличиваются по мере удаления слоев вглубь. При упрочнении с амплитудой обрабатывающего инструмента $A = 0,5$ мм они составили на глубине 0,08 – 0,15 мм: при восстановлении приваркой шин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением 310 – 315 МПа; при упрочнении лемехов из стали 65Г 420 – 435 МПа. На глубине 0,22 – 0,32 мм они переходят в растягивающие напряжения и на глубине 0,40 – 0,48 мм соответственно составили: 485 – 500 МПа; 530 – 540 МПа.



Проведенные нами исследования свидетельствуют, что при восстановлении дисков копачей свеклоборочных машин различными методами в них возникают и перераспределяются значительные остаточные напряжения. На поверхности лезвия ножа дисков сжимающие остаточные напряжения составляют: при восстановлении приваркой шин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом 170-185МПа; при вибрационном упрочнении лезвия ножа новых дисков 125-130МПа; при восстановлении приваркой шин из стали 45 наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением 85-100МПа. На глубине 0,45-0,80 мм они переходят в растягивающие, соответственно равные: 142-150МПа; 80-110МПа; 35-45МПа. На глубине 0,80-1,5 мм напряжения переходят в сжимающие, равные соответственно: 70-85 МПа; 80-90 МПа; 45-52 МПа и уменьшающиеся до нуля на противоположной поверхности лезвия ножа диска.

По мнению Т.С. Скобло [6] на деформируемой поверхности происходит накопление до 3% малых деформаций, которые вызывают перестройку дислокационной структуры с образованием дислокационных сеток, по которым при каждом последующем этапе деформации осуществляется сдвиг и обеспечивается малая пластическая деформация не вызывающая разрушения. Этим и объясняется меньшая

величина остаточных напряжений растяжения, возникающих в материале лезвий ножей дисков копачей, восстановленных методом вибрационного упрочнения.

В инженерной практике деформированная (наклепанная) область, полученная в результате ППД, определяется измерением твердости HV или микротвердости H_{μ} по глубине h . Изменение твердости в результате упрочнения характеризуется степенью наклепа, часто называемой степенью упрочнения:

$$\Delta H_{\mu} = \frac{H_{\mu_2} - H_{\mu_1}}{H_{\mu_1}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где H_{μ_2} – микротвердость металла после упрочнения;

H_{μ_1} – исходная микротвердость металла.

Твердость при обработке ППД является определяющим показателем качества поверхностного слоя.

Для установления степени упрочнения рабочего слоя по его сечению измерения микротвердости методом Роквелла осуществлялись через 0,5 мм в различных местах основного и наплавленного материалов (рис. 1)

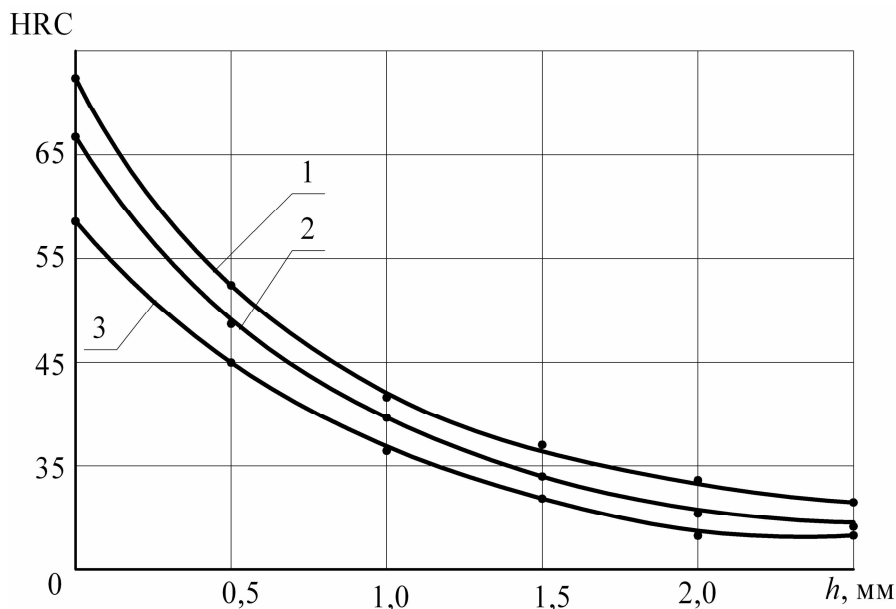
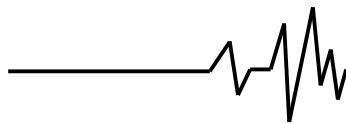


Рис. 1. Изменение твердости по глубине в зависимости от метода восстановления лемеха: 1 – восстановленных приваркой шин из стали 45 с наплавкой сормайтотом и виброупрочнением; 2 – новых лемехов из стали Л-53, подвергнутых виброупрочнению; 3 – новых лемехов из стали 65Г, подвергнутых вибрационному упрочнению



Твердость образцов лемехов, восстановленных приваркой шин из стали 45 наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением в 1,23...1,35 раза выше твердости лемехов из стали 65Г без вибрационного упрочнения.

На качество обработки поверхностного слоя деталей при вибрационной обработке оказывают существенное влияние режимы упрочнения: амплитуда, частота колебаний, время обработки, от значения которых зависит величина деформации.

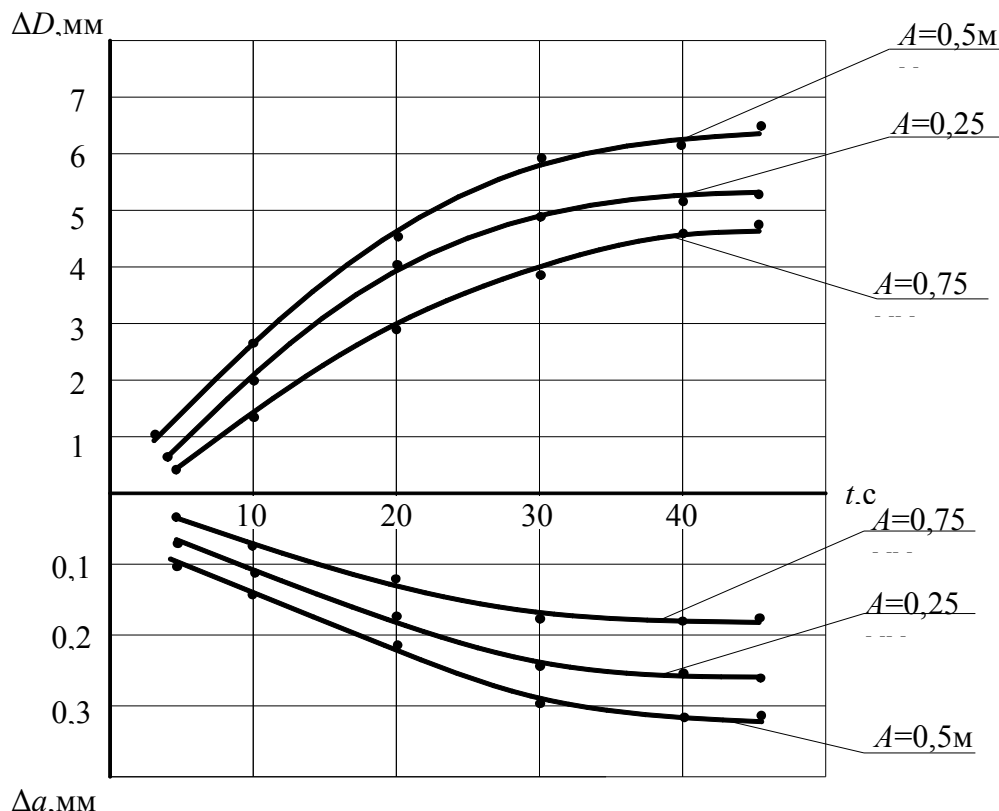


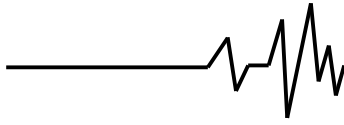
Рис. 2. Изменения деформации диска ΔD в радиальном направлении и по толщине лезвия Δa

Величину деформации дисков копачей в радиальном направлении и по высоте диска, как функцию амплитуды и времени, определяли по среднему арифметическому значению величины деформации, полученной на основании измерения трёх образцов, подвергнутых обработке (рис. 2).

Как видно из рис. 2 характер изменения кривых приращения диаметра и уменьшения толщины лезвия дисков при различных значениях амплитуды колебаний обрабатывающего инструмента идентичен. Наибольшее значение изменения указанных величин имеет место при амплитуде колебания $A = 0,5$ мм, а наименьшее – при $A = 0,75$ мм.

Такой характер изменения указанных величин при вибрационном деформировании объясняется тем, что при амплитуде колебаний

$A = 0,75$ мм происходит бо́льший отрыв обрабатывающего инструмента от упрочняющей поверхности детали. Это приводит к тому, что действующая нагрузка на обрабатываемый материал детали носит ударный характер, который способствует снижению его пластичности. При амплитуде $A = 0,25$ мм недостаточно проявляются свойства вибрационных колебаний. Так, величина приращения наружного диаметра диска при амплитуде $A = 0,5$ мм в 1,11 раз больше, чем при $A = 0,25$ мм и в 1,33 – при $A = 0,75$ мм. Это можно объяснить совместным действием на обрабатываемый материал статических и циклических напряжений, что облегчает перемещение линий скольжения и, следовательно, увеличивает величину деформации в радиальном направлении.

**Выводы**

Теоретическими и практическими исследованиями установлена взаимосвязь параметров вибрационной обработки деталей сельскохозяйственных машин с качеством поверхностного слоя. Предложен технологический процесс восстановления деталей методом вибрационного упрочнения.

Список использованных источников

1. Дудніков А.А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / А.А. Дудніков, П.В. Писаренко, О.І. Біловод, І.А. Дудніков, О.П. Ківшик. – Вінниця: Нова книга, 2011. – 400 с.
2. Рыковский Б.П. Местное упрочнение деталей поверхностным наклепом / Б.П. Рыковский, В.А. Смирнов, Г.М. Щетинин. – М.: Машиностроение, 1985. – 152 с.
3. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна / Ю.И. Бабей. – К.: Наукова думка, 1987. – 238 с.
4. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
5. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов. М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
6. Скобло Т.С. Анализ факторов влияющих на определение связи твердость-коэрцитивная сила / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, М.В. Марченко // Сб. ХДТУСГ. Вып. 39. – Харьков: 2005. – С. 264–270.

Список источников в транслитерации

1. Dudnikov A.A. Proektuvannya tekhnolohichnykh protsesiv servisnykh pidpryemstv / A.A. Dudnikov, P.V. Pysarenko, O.I. Bilovod, I.A. Dudnikov, O.P. Kivshik. – Vinnytsya: Nova knyha, 2011. – 400 s.
2. Rykovskiy B.P. Mestnoye uprochneniye detaley poverkhnostnym klevetoy / B.P.

Rykovskiy, V.A. Smirnov, G.M. Shchetinin. – M.: Mashinostroyeniye, 1985. – 152 s.

3. Babe Yu.I. Fizicheskiye osnovy impul'snogo uprochneniya stali i chuguna / Yu.I. Babe. – K.: Naukova dumka, 1987. – 238 s.

4. Smelyanskiy V.M. Mekhanika uprochneniya detaley poverkhnostnym plasticheskim deformirovaniyem / V.M. Smelyanskiy. M.: Mashinostroyeniye, 2002. – 300 s.

5. Suslov A.G. Kachestvo poverkhnostnogo sloya detaley mashin / A.G. Suslov. M.: Mashinostroyeniye, 2000. – 320 s.

6. Skoblo T.S. Analiz faktorov vliyayushchikh na opredeleniye svyazi tvordosti-koertsitivnaya sila / T.S. Skoblo, A.I. Sidashenko, M.V. Marchenko // Sb. KHGTUSKH. Vyp. 39. – Khar'kov: 2005. – S. 264–270.

**ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ
ОБРОБКИ З ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ**

Анотація. Розглянуто питання встановлення взаємозв'язку параметрів вібраційної обробки з якістю поверхневого шару деталей, що обробляються з метою підвищення ефективності вібраційного пластичного деформування і забезпечення заданих показників якості поверхневого шару.

Ключові слова: працездатність, пластичне зміцнення, сільськогосподарські машини, деформація, вібраційна обробка.

**RELATIONSHIP PARAMETERS OF VIBRATION
PROCESSING QUALITY OF THE SURFACE
LAYER**

Annotation. The problems of establishing the relationship of parameters of vibrating processing quality of the surface layer of workpieces to improve the efficiency of the vibration of plastic deformation and ensure the specified quality parameters of the surface layer.

Key words: efficiency, plastic hardening, agricultural machinery, deformation, vibration treatment.